

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公 開 特 許 公 報 (A)

(11) 特許出願公開番号
特開2002-258457
(P2002-258457A)

(43) 公開日 平成14年9月11日 (2002.9.11)

(51) Int.Cl.⁷

識別記号

F I

テーマコード* (参考)

G 0 3 F 1/08

G 0 3 F 1/08

A 2 H 0 9 j

H 0 1 L 21/027

H 0 1 L 21/30

S 0 2 P

審査請求 未請求 請求項の数 6 O L (全 9 頁)

(21) 出願番号 特願2001-59516(P2001-59516)

(22) 出願日 平成13年3月5日 (2001.3.5)

(71) 出願人 000002897

大日本印刷株式会社

東京都新宿区市谷加賀町一丁目1番1号

(72) 発明者 小久保 晴夫

東京都新宿区市谷加賀町一丁目1番1号

大日本印刷株式会社内

(74) 代理人 100111659

弁理士 金山 聡

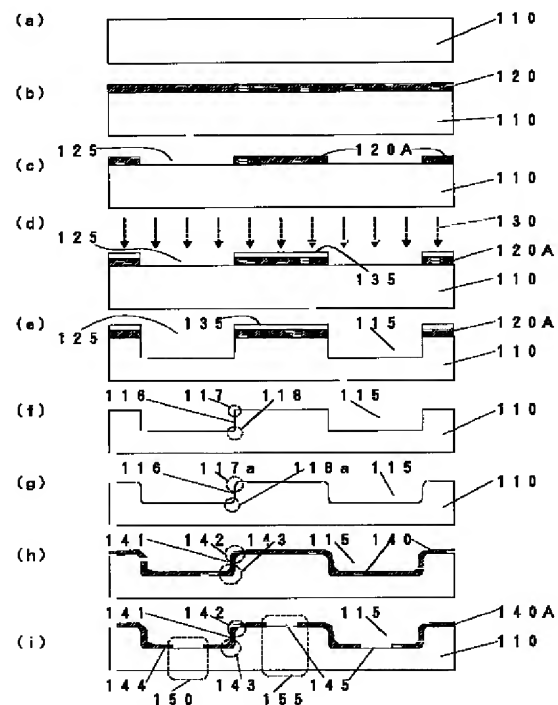
Fターム(参考) 2H095 BB03 BB15 BB16 BC04 BC24

(54) 【発明の名称】 位相シフトマスクの製造方法および位相シフトマスク

(57) 【要約】 (修正有)

【課題】 シフター部と非シフター部が互いに隣接し、且つ、シフター部の端部から非シフター部の端部までを、シフター部を形成するための掘り込み部の側面部も含め、連続して覆う遮光膜からなる遮光層パターンが形成されている基板掘り込み型位相シフトマスクと、その製造方法を提供する。

【解決手段】 順に、(a) 露光光に透明な基板の一面に、シフター部を形成するための掘り込み部形成領域を開口して、金属膜からなる金属膜パターン形成工程と、(b) 必要に応じ、金属膜パターン上に、レジストを設けて、ドライエッチングにより、基板を所定量を掘り込むドライエッチング工程と、(c) 金属膜パターンを剥離し、基板の掘り込み部形成側全面にウェットエッチングを行なう工程と、(d) 遮光膜を成膜し、フォトリソ法により、シフター部と非シフター部を開口する遮光膜パターン形成工程とを有する。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 シフター部と非シフター部が互いに隣接し、シフター部の端部から非シフター部の端部までを、シフター部を形成するための掘り込み部（凹部）の側面部も含め、連続して覆う遮光膜からなる遮光層パターンが形成されている片掘り型の基板掘り込み型位相シフトマスクを製造するための、位相シフトマスクの製造方法であって、順に、（a）露光光に透明で両面平坦な基板の一面に、シフター部を形成するための掘り込み部形成領域を開口して、金属膜からなる金属膜パターンを形成する金属膜パターン形成工程と、（b）必要に応じ、金属膜パターン上に、レジストを設けて、ドライエッチングにより、基板を掘り込んで、露光光の波長を λ 、基板の屈折率を n として、その掘り込み部（凹部）の深さ d_0 をほぼ $\lambda/2(n-1)$ する、ドライエッチング工程と、

（c）金属膜パターンを剥離し、基板の掘り込み部形成側全面にウェットエッチングを行なうウェットエッチング工程と、（d）シフター部を形成するための掘り込み部（凹部）の側面部も含め、基板の掘り込み部形成側全面を連続して覆う遮光膜を成膜し、フォトリソエッチング法により、シフター部と非シフター部を開口する遮光膜からなる遮光膜パターンを形成する、遮光膜パターン形成工程とを有することを特徴とする位相シフトマスクの製造方法。

【請求項2】 請求項1において、ウェットエッチング工程は、10nm～100nmエッチングするものであることを特徴とする位相シフトマスクの製造方法。

【請求項3】 請求項1ないし2において、ウェットエッチング工程は、フッ酸にてエッチングを行うものであることを特徴とする位相シフトマスクの製造方法。

【請求項4】 請求項1ないし2において、ウェットエッチング工程は、熱アルカリにてウェットエッチングを行うことを特徴とする位相シフトマスクの製造方法。

【請求項5】 シフター部と非シフター部が互いに隣接し、シフター部の端部から非シフター部の端部までを、シフター部を形成するための掘り込み部（凹部）の側面部も含め、連続して覆う遮光膜からなる遮光層パターンが形成されている片掘り型の基板掘り込み型位相シフトマスクであって、請求項1ないし4記載のフォトリソマスクの製造方法により、形成されたものであることを特徴とする位相シフトマスク。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、フォトリソマスクとその製造方法に関し、特に基板掘り込み型の位相シフトマスクとその製造方法に関する。

【0002】

【従来の技術】より微細なレジストパターンをウエハ上に形成するための、光リソグラフィ技術の進歩は目ざましい中、投影露光装置の解像度を向上させる一手法とし

て、マスク上の隣接する2箇所の透明部分を透過する光の位相を互いに変え、パターン解像度を上げる位相シフト法が採られている。この方法は、隣接する透光部の一方に位相を反転させるためのシフタとして、膜厚を d 、屈折率を n 、露光波長を λ とすると、 $d = \lambda/2(n-1)$ の関係を満たすように形成したマスク（以降、位相シフトマスクと言う）を用いてウエハ上に投影露光するもので、シフタを通過した光は隣接する他の透光部の透過光と逆位相（180度のずれ）であるため、パターン境界部で光強度が0となり、パターンが分離し解像度が向上する。

【0003】上記位相シフト法による高解像度を実現するマスク形状としては、図4（a）に示すように、隣合う開口部（透光部）521の片方に透明で屈折率が空気と異なる媒質（位相シフト膜あるいはシフタとも言う）530を設けたシフタ形成型の位相シフトマスクもあるが、このマスクの場合、基板と同一の屈折率を有する位相シフト膜を精度良く堆積させることが困難であり、さらに位相シフト膜530における多重反射の問題がある。これらの問題を解決する位相シフトマスクとして、透明基板をエッチング等にて掘り込んだ、基板掘り込み型位相シフトマスク（彫り込み型位相シフトマスクとも言う）が種々あるが、中でも、図4（b）（ロ）、図4（c）に示す基板掘り込み型位相シフトマスクが、現在、主流となっている。図4（b）（ロ）に示す掘り込み型位相シフトマスクは、図4（b）（イ）に示すように、途中まで基板（一般にはQzが使用される）のドライエッチングを行い、更に、掘り込み部にのみウェットエッチングを追加し、所定位相差（通常180°）を生じるようにする片掘り型位相シフトマスクと言われるもので、図4（c）に示す掘り込み型位相シフトマスクは、所定位相差（通常180°）を生じるように基板を、図4（b）（イ）に示すように、ドライエッチングした後に、更に、開口部全面にウェットエッチングを追加した両掘り型位相シフトマスクと言われるものである。基板を垂直にドライエッチングしただけの基板掘り込み型位相シフトマスク（図4（b）（イ）で所定位相差（通常180°）としたもの）では、開口部の基板掘り込みの有無で、その透過光強度が異なるという問題があり、これを解決するために、図4（b）（ロ）、図4（c）に示す基板掘り込み型位相シフトマスクが開発されたものである。尚、一般に、波長 λ の露光光に対して透明な屈折率 n の透明基板上に、露光光を遮光する遮光部と透光部とが形成されたパターンを有し、且つ、透光部の透明基板部を掘り込んで、一方の凹部深さを d_1 、他方の凹部深さを d_2 とし、 $d_1 - d_2$ をほぼ $\lambda/2(n-1)$ した、隣接する透光部を設けた位相シフトマスクを、基板掘り込み型の位相シフトマスクと言っている。 d_1 、 d_2 の一方が0の場合が片掘り型位相シフトマスクで、 d_1 、 d_2 の両方が0でない場合が両掘り型位相

シフトマスクである。そして、一般には、凹部深さ（掘り込み量とも言う） d_1 、 d_2 の大きい凹部側をシフター部、小さい凹部側を非シフター部と言う。

【0004】しかし、図4（b）（ロ）や図4（c）に示す掘り込み型位相シフトマスクの構造では、ウェットエッチングにより遮光膜の底525が形成されてしまい、遮光膜の欠けや剥がれが発生しやすくなってしまう。特にウェットエッチング後の洗浄耐性が著しく低下してしまい、通常の洗浄を行うことができなくなっている。また、半導体集積回路の高速化や高密度化に伴い、今後回路パタンの微細化が進んでくると、この構造ではウェットエッチング中に遮光膜剥がれが発生してしまい、製造困難となることは容易に予想でき、最近では、この構造上の問題を解決するために、エッチング部（シフター部）と非エッチング部（非シフター部）が互いに隣接している基板掘り込み型位相シフトマスクで、シフター部の端部から非シフター部の端部までを連続して覆うように遮光膜が成膜されている、図5のような構造の基板掘り込み型位相シフトマスクが提案されている。図5に示す構造のマスクであれば、遮光膜の底がないために欠けや剥がれが発生せず、耐久性に優れたマスクを作製することができる。しかし、図5のような構造の基板掘り込み型位相シフトマスクを作製する際には、基板の段差部にも遮光膜の成膜を均一に行う必要がある。遮光膜が不均一に成膜されていると、製版時の加工精度に影響が生じたり、遮光膜の薄い部分で洗浄耐性の低下など様々な問題が発生してしまう。

【0005】

【発明が解決しようとする課題】このように、エッチング部（シフター部）と非エッチング部（非シフター部）が互いに隣接している片掘り型の基板掘り込み型位相シフトマスクで、シフター部の端部から非シフター部の端部を覆うように遮光膜が成膜されている、図5のような構造のマスクで、且つ、基板の段差部にも遮光膜の成膜を均一に行うことができる位相シフトマスクと、その製造方法が求められていた。本発明は、これに対応するもので、シフター部と非シフター部が互いに隣接し、且つ、シフター部の端部から非シフター部の端部までを、シフター部を形成するための掘り込み部（凹部とも言う）の側面部も含め、連続して覆う遮光膜からなる遮光層パターンが形成されている片掘り型の基板掘り込み型位相シフトマスクで、基板の段差部にも遮光膜の成膜を均一に行うことができる位相シフトマスクと、その製造方法を提供しようとするものである。

【0006】

【課題を解決するための手段】本発明の位相シフトマスクの製造方法は、シフター部と非シフター部が互いに隣接し、シフター部の端部から非シフター部の端部までを、シフター部を形成するための掘り込み部（凹部）の側面部も含め、連続して覆う遮光膜からなる遮光層パ

ターンが形成されている片掘り型の基板掘り込み型位相シフトマスクを製造するための、位相シフトマスクの製造方法であって、順に、（a）露光光に透明で両面平坦な基板の一面に、シフター部を形成するための掘り込み部形成領域を開口して、金属膜からなる金属膜パターンを形成する金属膜パターン形成工程と、（b）必要に応じ、金属膜パターン上に、レジストを設けて、ドライエッチングにより、基板を掘り込んで、露光光の波長を λ 、基板の屈折率を n として、その掘り込み部（凹部）の深さ d_0 をほぼ $\lambda/2(n-1)$ する、ドライエッチング工程と、（c）金属膜パターンを剥離し、基板の掘り込み部形成側全面にウェットエッチングを行なうウェットエッチング工程と、（d）シフター部を形成するための掘り込み部（凹部）の側面部も含め、基板の掘り込み部形成側全面を連続して覆う遮光膜を成膜し、フォトリソ法により、シフター部と非シフター部を開口する遮光膜からなる遮光膜パターンを形成する、遮光膜パターン形成工程とを有することを特徴とするものである。そして、上記において、ウェットエッチング工程は、10nm～100nmエッチングするものであることを特徴とするものである。そしてまた、上記において、ウェットエッチング工程は、フッ酸にてエッチングを行うものであることを特徴とするものである。あるいは、上記において、ウェットエッチング工程は、熱アルカリにてウェットエッチングを行うことを特徴とするものである。

【0007】本発明の位相シフトマスクは、シフター部と非シフター部が互いに隣接し、シフター部の端部から非シフター部の端部までを、シフター部を形成するための掘り込み部（凹部）の側面部も含め、連続して覆う遮光膜からなる遮光層パターンが形成されている片掘り型の基板掘り込み型位相シフトマスクであって、上記本発明のフォトリソ法の製造方法により、形成されたものであることを特徴とするものである。

【0008】ここでは、波長 λ の露光光に対して透明な屈折率 n の透明基板上に、露光光を遮光する遮光部と透光部とが形成されたパターンを有し、且つ、透光部の透明基板部を掘り込んで、一方の凹部深さを d_1 、他方の凹部深さを d_2 とし、 d_1-d_2 をほぼ $\lambda/2(n-1)$ した、隣接する透光部を設けた位相シフトマスクを、基板掘り込み型の位相シフトマスクと言い、 d_1 、 d_2 の一方が0の場合を特に片掘り型の基板掘り込み型の位相シフトマスクと言う。また、ここでは、凹部深さ（掘り込み量とも言う） d_1 、 d_2 の大きい凹部側をシフター部、小さい凹部側を非シフター部と言う。

【0009】本発明の片掘り型の基板掘り込み型の位相シフトマスクとしては、レベソソ型位相シフトマスク等が挙げられる。そして、露光光が波長248nmのKrFエキシマレーザー用の位相シフトマスク、露光光が波長193nmのArFエキシマレーザー用の位相シフトマスク、露光光が波長157nmのF2エキシマレー

ザー用の位相シフトマスクにも適用できる。

【0010】

【作用】本発明の位相シフトマスクの製造方法は、このような構成にすることにより、シフター部と非シフター部が互いに隣接し、且つ、シフター部の端部から非シフター部の端部までを、シフター部を形成するための掘り込み部（凹部とも言う）の側面部も含め、連続して覆う遮光膜からなる遮光層パターンが形成されている片掘り型の基板掘り込み型位相シフトマスクで、基板の段差部にも遮光膜の成膜を均一に行うことができる位相シフトマスクの製造方法の提供を可能とするものである。ドライエッチング工程を行った後に、全面の金属膜を剥離し、その後、基板の掘り込み部形成側全面にウェットエッチングを行なうウェットエッチング工程を行なうことにより、この後、基板全面に遮光膜の成膜を行う際に、基板の段差部にも均一な遮光層を成膜することを可能としている。これにより、従来の図5の構造の場合のように、遮光膜の成膜が不均一にならずに、位相シフトマスクを形成できる。適用できる基板彫り込み型の位相シフトマスクとしては、レベンソン型位相シフトマスクが挙げられ、ウェットエッチング工程が、10nm～100nmエッチングするものである場合には、特に有効である。

【0011】また、片掘り型の基板彫り込み型の位相シフトマスクが、露光光が波長248nmのKrFエキシマレーザー用の位相シフトマスクである場合に有効で、基板彫り込み型の位相シフトマスクが、露光光が波長193nmのArFエキシマレーザー用の位相シフトマスクや、露光光が波長157nmのF2エキシマレーザー用の位相シフトマスクである場合にも有効である。

【0012】本発明の位相シフトマスクは、このような構成にすることにより、シフター部と非シフター部が互いに隣接し、且つ、シフター部の端部から非シフター部の端部までを、シフター部を形成するための掘り込み部（凹部とも言う）の側面部も含め、連続して覆う遮光膜からなる遮光層パターンが形成されている片掘り型の基板掘り込み型位相シフトマスクで、基板の段差部にも遮光膜の成膜を均一に行うことができる位相シフトマスクの提供を可能とするものである。

【0013】

【発明の実施の形態】本発明の実施の形態例を図に基づいて説明する。図1は本発明の位相シフトマスクの製造方法の実施の形態の1例の特徴部の工程断面図で、図1(i)は本発明の位相シフトマスクの実施の形態の1例の特徴部の断面図で、図2は比較例の工程図で、図3(a)は、本発明の位相シフトマスクの構造をラインアンドスペースパターンに適用し、投影した場合の隣接する透光部（ライン部）のウエハ上での光強度分布を示した図で、図3(b)はラインアンドスペースパターンの配列を示した図である。図1～図3中、110は基板（透明基板とも言う）、115は掘り込み部（凹部とも言う）、116は側面部、117、117aは上頂部、118、118aは底角部、120は金属膜、120A金属膜パターン、125は開口、130はドライエッチング処理ガス、135はレジスト膜、140は遮光膜、140Aは遮光膜パターン、145は開口、150はシフター部（透光部）、155は非シフター部（透光部）、250は凹部の深さ $d1=0$ の透光部（ライン部ないしラインパターン部とも言う）、250Aはウエハ上光強度、260は凹部の深さ $d2$ の透光部（ライン部ないしラインパターン部とも言う）、260Aはウエハ上光強度、270は透光部（ライン部ないしラインパターン部とも言う）、275はマスクの隣接するライン間ピッチ、275Aは投影像のライン間ピッチ、280は遮光部（遮光膜）、290は（ウエハ上の）光強度プロファイル、295は閾値である。

【0014】本発明の位相シフトマスクの製造方法の実施の形態の1例を図1に基づいて説明する。本例は、シフター部と非シフター部が互いに隣接し、シフター部の端部から非シフター部の端部までを、シフター部を形成するための掘り込み部（凹部）の側面部も含め、連続して覆う遮光膜からなる遮光層パターンが形成されている片掘り型の基板掘り込み型位相シフトマスクを製造するための、位相シフトマスクの製造方法で、ここでは、図3(b)に示すような配列のラインパターン（透光部270）を有し、一断面が図1(i)で示される位相シフトマスクの製造方法で、波長 λ の露光光に対し透明な、屈折率 n の透明基板の、遮光膜から露出した透明基板部を彫り込んで、隣接する透光部270の一方の凹部深さを $d1=0$ 、他方の凹部深さを $d2$ とし、 $d2$ をほぼ $\lambda/2(n-1)$ した、片掘り型の基板彫り込み型の位相シフトマスクを製造する場合を例に挙げて説明する。先ず、波長 λ の露光光に透明な両面平坦な基板110を用意し（図1(a)）、この一面に金属膜120を成膜する。（図1(b)）

次いで、金属膜120をフォトリソ加工して、基板110（フォトマスクブランクスとも言う）の一面に、シフター部を形成するための掘り込み部形成領域を開口した、金属膜120からなる金属膜パターン120Aを形成する。（図1(c)）

金属膜120をスパッタリング法、蒸着法等により基板110に成膜した後、通常の、フォトリソグラフィー法により、形成する金属パターンの形状に合せ、所定の開口を有するレジスト膜（図示していない）を形成し、該レジスト膜を耐エッチングマスクとして、ドライエッチングあるいはウェットエッチング等を行い、金属膜120からなる所定形状の金属膜パターン120Aを形成する。この後、金属膜パターン120A形成用のレジスト膜を、除去し、洗浄処理を施しておく。波長 λ の露光光に透明な両面平坦な基板110としては、石英、合成石英が一般には用いられる。金属膜120としてクロム、酸化窒

化クロムを用いる場合には、塩素系のガスをエッチャントとして用い、ドライエッチングを行なうこともできる。レジストとしては、処理性の良いもので、所定の解像性を有し、且つ、耐エッチング性があるものであれば特に限定はされない。

【0015】次いで、フォトリソ法により耐ドライエッチング性のレジスト膜135を遮光パターン120A上に形成し、レジスト膜135、金属膜パターン120Aを耐エッチングマスクとして、ドライエッチングにより、基板を掘り込んで、露光光の波長を λ 、基板の屈折率を n として、その掘り込み部(凹部)の深さ $d0$ をほぼ $\lambda/2(n-1)$ する。(図1(d)、図1(e))

彫り込む深さの管理は、位相差測定装置(レーザーテック製MPM-248)等を用い、正確に行なうことができる。この場合、ドライエッチングは異方性で、ほぼ透明基板面に直交する方向のみに彫り込み(エッチング)が進む。 CF_4 等のフッ素系ガスをエッチャントとして、開口から露出した透明基板部をドライエッチングする。レジストとしては、処理性の良いもので、所定の解像性を有し、且つ、耐ドライエッチング性があるものであれば特に限定はされない。尚、場合によっては、図6に示すように、金属膜パターン750上に、レジスト膜を設けずに、ドライエッチングにより、基板を掘り込んでも良い。尚、図6中、710は基板、730はドライエッチング処理ガス、750は金属膜パターンである。

【0016】次いで、ドライエッチング後、レジスト膜135を除去し、金属膜120からなる金属膜パターン120Aを剥離し、洗浄処理等を施した(図1(f))後、基板110の掘り込み部115形成側全面にウェットエッチングを行なう。(図1(g))

この場合、ウェットエッチングは等方性で、各方向にほぼ等しい速度で掘り込み(エッチング)が進む。ウェットエッチングのエッチャントとしては、フッ酸溶液、熱アルカリ溶液が用いられる。ウェットエッチングのエッチング量は、10nm~100nmが好ましい。

【0017】次いで、シフター部を形成するための掘り込み部(凹部)115の側面部も含め、基板110の掘り込み部115形成側全面を連続して覆う遮光膜140を成膜し(図1(h))、更にフォトリソ法により、シフター部と非シフター部を開口する遮光膜140からなる遮光層パターン140Aを形成する。(図1(i))

遮光膜140をスパッタリング法、蒸着法等により基板110に成膜した後、前記と同様、通常のフォトリソグラフィ法により、形成する遮光部の形状に合せ、所定の開口を有するレジスト膜(図示していない)を形成し、該レジスト膜を耐エッチングマスクとして、ドライエッチングあるいはウェットエッチング等を行い、遮光膜140からなる所定形状の遮光膜パターン140Aを形成する。この後、遮光膜パターン140A形成用のレジス

ト膜を除去し、洗浄処理を施しておく。遮光膜140としてクロム、酸化窒化クロムを用いる場合には、塩素系のガスをエッチャントとして用い、ドライエッチングを行なうこともできる。レジストとしては、処理性の良いもので、所定の解像性を有し、且つ、耐エッチング性があるものであれば特に限定はされない。

【0018】このようにして、図1(i)に示す片掘り型の位相シフトマスクを作製することができるが、本例においては、金属膜120からなる金属膜パターン120Aを剥離した(図1(f))後に、ウェットエッチングを行なうため、図1(f)に示す掘り込み部115の側面部116の上頂部117、底角部118は、それぞれ、丸まり、図1(g)の上頂部117a、底角部118aのようになり、遮光膜140を成膜する際に、平坦部と同じように均一に成膜できる。(図1(h))

このため、更に、遮光膜140をエッチングして、遮光膜パターン140Aを形成し、シフター部150、非シフター部155を形成しても、掘り込み部115の側面部116の上頂部117a、底角部118aにて、遮光膜欠陥を発生することはない。

【0019】次に、本発明の位相シフトマスクの実施の形態の1例を説明する。本例は、図1に示す製造方法により作製された、図1(i)にその一断面を示し、図3(b)に示す配列のラインパターン(透光部270)を有するもので、ラインパターン(透光部270)の透明基板部を掘り込んで、一方の凹部深さを $d1=0$ 、他方の凹部深さを $d2$ をほぼ $\lambda/2(n-1)$ した、隣接する透光部を設けている。尚、 λ は露光光の波長、 n は基板110の屈折率である。基板110としては、ウエハへの投影露光の際の露光光に透明な基板で、遮光層としては、ウエハへの投影露光の際の露光光に対し遮光性を有する膜が用いられる。通常、基板110としては、石英基板、合成石英基板が一般的で、遮光膜140としては、クロム系のもので、クロム単層、あるいはクロム層に必要に応じ、酸化クロム、窒化クロム、酸化窒化クロム等を積層して用いる。露光光としては、波長248nmのKrFエキシマレーザー、波長193nmのArFエキシマレーザー、波長157nmのF2エキシマレーザーが用いられる。

【0020】位相シフトマスクの絵柄としては、例えば、図3(b)に示すような配列のラインパターン(透光部270)を有し、一断面が図1(i)で示される位相シフトマスクが挙げられる。ここでは、 λ は露光光の波長、 n は基板の屈折率であり、隣接する透光部(ラインパターン)270の一方の凹部深さを、遮光膜280から露出した屈折率 n の波長 λ の露光光に透明な基板部を掘り込んで、ほぼ $\lambda/2(n-1)$ としてある。透光部(ライン部)250の凹部の深さ $d1$ (掘り込みの深さのこと)は0で、透光部(ライン部)260の凹部の深さ $d2$ はほぼ $\lambda/2(n-1)$ である。

【0021】

【実施例】更に、実施例を挙げて、本発明を説明する。実施例は、図1に示す製造方法にて、図1(i)に示す一断面を示し、図3(b)に示すラインパタン配列を有するKrF用レベソソ型の位相シフトマスクを形成したものである。図1、図2に基づいて説明する。先ず、図1(a)のような合成石英基板（以下Qz基板とも言う）からなる透明基板110（図1(a)）の一面上に、スパッタリング法により、クロム、酸化クロムからなる金属膜120を全面に形成したフォトマスクブランクス（図1(b)）の、金属膜120上に、レジストZEP（日本ゼオン株式会社製）を塗布し、電子ビーム描画装置HL800（日立株式会社製）で描画し、無機アルカリ現像液で現像し、所定形状にレジスト膜（図示していない）を形成した後、開口部の酸化クロム、クロムからなる金属膜120を塩素系のガスを用いてドライエッチングし、前記レジスト膜を剥離する。（図1(c)）

【0022】次いで、レジストIP3500（東京応化工業株式会社製）を塗布し、レーザー描画装置（ETEC社製ALTA3000）で露光し、無機アルカリ現像液で現像し、金属膜パタン120A上にレジスト膜135を形成した後、シフター部を形成するためにCF4ガスをを用いドライエッチングし、基板110を掘り込んで、露光光の波長を λ 、基板110の屈折率を n として、その掘り込み部（凹部）の深さをほぼ $\lambda/2(n-1)$ とした。（図1(d)、図1(e)）

次いで、レジスト膜135を除去し、金属膜120を剥離し（図1(f)）、フッ酸溶液を用い、基板110全面に40nmのウェットエッチングを行なった。これにより、基板の掘り込み部115の上頂部117a、底角部118aが丸まった。（図1(g)）

【0023】次いで、基板110の掘り込み部115形成側全面に酸化クロム、クロムからなる遮光膜140をスパッタリング形成した。（図1(h)）

基板の掘り込み部115の上頂部117a、底角部118aが丸まっている状態（図1(g)）で遮光膜140の成膜を行なったため、基板の掘り込み部115の上頂部117a、底角部118a近傍も他の平坦部と同様、均一に成膜された。

【0024】次いで、遮光膜140上に、レジストZEP（日本ゼオン株式会社製）を塗布し、電子ビーム描画装置HL800（日立株式会社製）で描画し、無機アルカリ現像液で現像し、所定形状にレジスト膜（図示していない）を形成した後、開口部の酸化クロム、クロムからなる遮光膜140を塩素系のガスを用いてドライエッチングし、更に、前記レジスト膜を所定の剥離液で剥離して、洗浄処理を施し、図1(i)に示す本発明の片掘り型の基板掘り込み型位相シフトマスクを作製した。これにより、図3(b)に示す、掘り込み部のラインパタ

ン部（透光部250）の遮光膜280の開口サイズを $0.6\mu\text{m}\square$ とし、且つ、掘り込みをいれない（凹部深さを0の）ラインパタン部（透光部260）の遮光膜280の開口サイズを $0.6\mu\text{m}\square$ とし、これら開口のピッチを $1.2\mu\text{m}$ とした位相シフトマスクを得た。

【0025】このようにして、得られた基板掘り込み型位相シフトマスクを用い、ウエハ上に投影露光を行なったが、現像後、マスクの掘り込み部のラインパタン部（透光部250）のレジスト像と、マスクの掘り込みをいれない（凹部深さを0の）ラインパタン部（透光部260）のレジスト像は、同じ寸法で形成された。ウエハ上の光強度を、レーザテック社製のシュミレータMSM100等を用いて測定した結果、図3(a)のようになった。ウエハ上の光強度プロファイル290は、図3(a)のようになり、ラインパタン部（透光部）250、260にそれぞれ対応する、隣接するラインパタンのウエハ上の光強度250A、260Aには、ほとんど差がみられなかった。

【0026】（比較例）比較例を挙げ、図2に基づいて説明する。実施例と同様にして、図2(c)（図1(c)に相当）まで進めた。次いで、レジストIP3500（東京応化工業株式会社製）を塗布し、レーザー描画装置（ETEC社製ALTA3000）で露光し、無機アルカリ現像液で現像し、金属膜パタン120A上にレジスト膜135を形成し、更にシフター部を形成するためにCF4ガスをを用いドライエッチングし、基板110を掘り込み、露光光の波長を λ 、基板110の屈折率を n として、その掘り込み部（凹部）の深さをほぼ $[\lambda/2(n-1)] * (65/180)$ で止めた。（図2(d)、図2(e)）

そして、この状態で更に、フッ酸溶液でウェットエッチングし、掘り込み部（凹部）の深さをほぼ $[\lambda/2(n-1)]$ とした。（図2(f)）

次いで、前記レジスト膜135を除去し、金属膜120を所定液で剥離した。（図2(g)）

次いで、洗浄処理を施した後、実施例と同様にして、基板110の掘り込み部115側全面にスパッタリング法により、クロム、酸化クロムからなる遮光膜140を形成した。（図2(h)）

比較例では、基板110の掘り込み部115の上頂部117aが丸まっていないため、この部分で、遮光膜140の成膜が均一に行なわれなかった。次いで、実施例と同様に、フォトエッチングを行ない、所定形状に遮光膜140をエッチング加工して、シフター部150、非シフター部155を形成し、片掘り型の掘り込み型の位相シフトマスクを形成した。比較例の場合には、基板110の掘り込み部115の上頂部117aが丸まっていないため、この部分での遮光膜140の成膜が不均一となり、洗浄処理で剥がれが発生していた。

【0027】尚、図2(g)の状態の後、更に、基板1

110の掘り込み部115側全面にウェットエッチングを行なうと遮光膜140が均一に成膜されることが確認されているが、この構造で全面にウェットエッチングを行うことは、アライメント描画精度などプロセスの問題から厳しくなり現実的でなくなる。

【0028】

【発明の効果】本発明は、上記のように、シフター部と非シフター部が互いに隣接し、且つ、シフター部の端部から非シフター部の端部までを、シフター部を形成するための掘り込み部（凹部）の側面部も含め、連続して覆う遮光膜からなる遮光層パターンが形成されている片掘り型の基板掘り込み型位相シフトマスクで、基板の段差部にも遮光膜の成膜を均一に行うことができる位相シフトマスクと、その製造方法の提供を可能とした。

【図面の簡単な説明】

【図1】図1は本発明の位相シフトマスクの製造方法の実施の形態の1例の特徴部の工程断面図で、図1(i)は本発明の位相シフトマスクの実施の形態の1例の特徴部の断面図である。

【図2】図2は比較例の工程図

【図3】図3(a)は、本発明の位相シフトマスクの構造をラインパターンに適用し、投影した場合の隣接する透光部（ライン部）のウエハ上での光強度分布を示した図で、図3(b)はラインパターンの配列を示した図である。

【図4】従来の掘り込み型の位相シフトマスクを説明するための一部断面図

【図5】従来の掘り込み型の位相シフトマスクの一部断面図

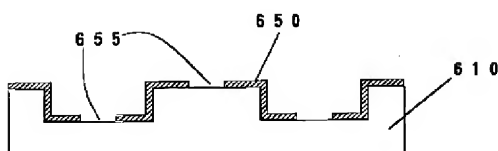
【図6】本例の掘り込み型の位相シフトマスクの製造方法とは別の作製途中の一部断面図

【符号の説明】

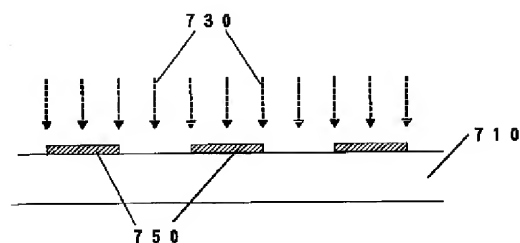
110 基板（透明基板とも言う）
115 掘り込み部（凹部とも言う）
116 側面部
117、117a 上頂部

118、118a 底角部
120 金属膜
120A 金属膜パターン
125 開口
130 ドライエッチング処理ガス
135 レジスト膜
140 遮光膜
140A 遮光膜パターン
145 開口
150 シフター部（透光部）
155 非シフター部（透光部）
250 凹部の深さd1=0の透光部（ライン部ないしラインパターン部とも言う）
250A ウエハ上光強度
260 凹部の深さd2の透光部（ライン部ないしラインパターン部とも言う）
260A ウエハ上光強度
270 透光部（ライン部ないしラインパターン部とも言う）
275 マスクの隣接するライン間ピッチ
275A (投影像の)ライン間ピッチ
280 遮光部（遮光膜）
290 光強度プロファイル
295 閾値
510 透明基板
520 遮光膜
521 開口部（透光部）
522、522A 開口部（透光部）
523、523A 開口部（透光部）
524、524A 開口部（透光部）
525 庇
530 シフタ
540、545、547 掘り込み部（凹部とも言う）
610 透明基板
650 遮光膜
655 開口部（透光部）

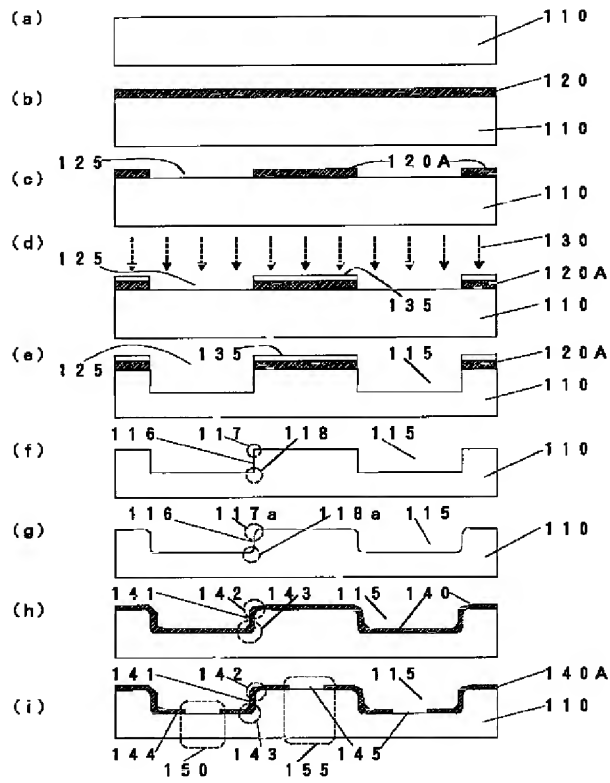
【図5】



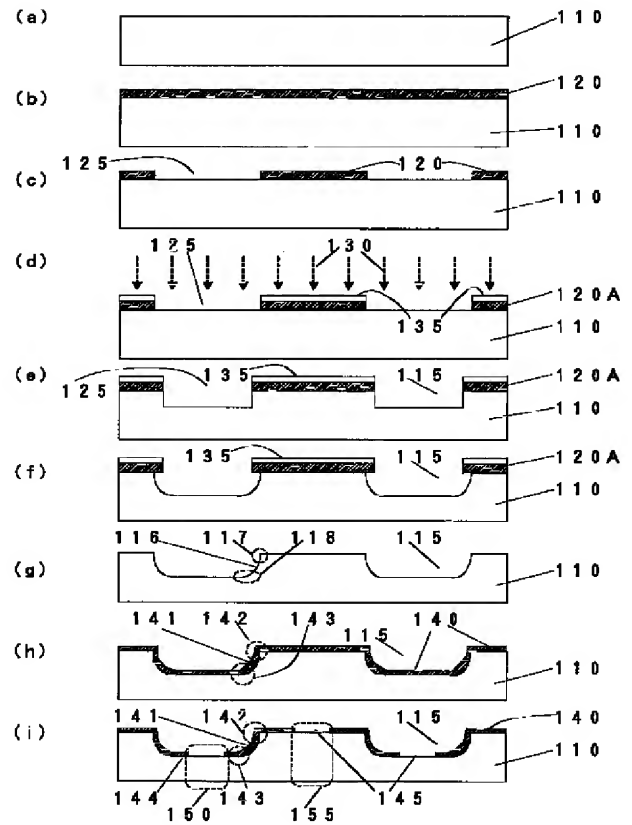
【図6】



【図1】

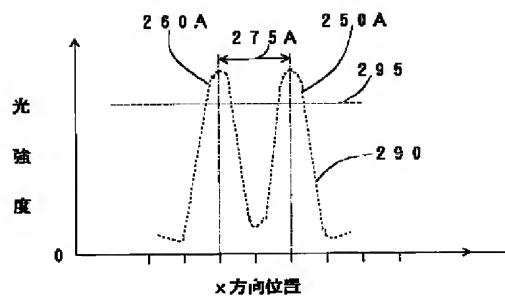


【図2】

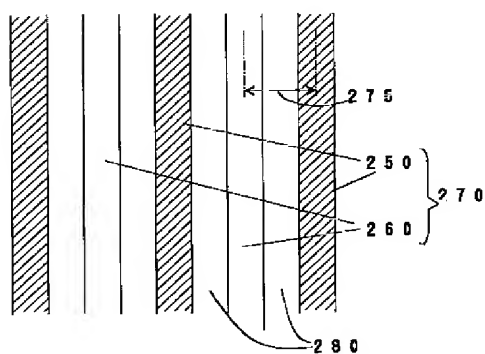


【図3】

(a)

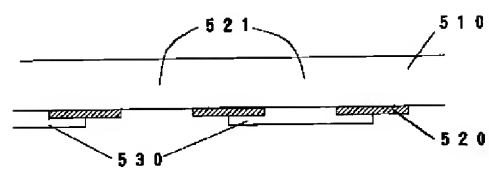


(b)



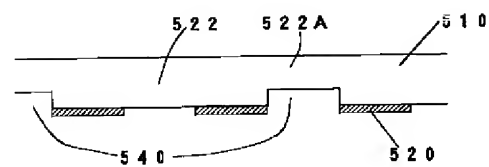
【図4】

(a)

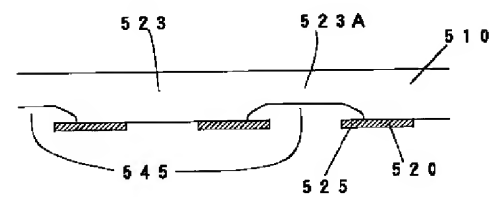


(b)

(イ)



(ロ)



(c)

